

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/050055

International filing date: 07 January 2005 (07.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE

Number: 10 2004 010 754.8

Filing date: 05 March 2004 (05.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 08 February 2005 (08.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 10 2004 010 754.8
Anmeldetag: 05. März 2004
Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, 70469 Stuttgart/DE
Bezeichnung: Interferometrische Messanordnung
IPC: G 01 B 9/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. Oktober 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Schäfer".

Schäfer

02. Febr. 2004 - fle/poe

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

Interferometrische Messanordnung

Die Erfindung bezieht sich auf eine interferometrische Messanordnung zum
Messen von z.B. Formabweichungen, Lage, Oberflächeneigenschaften, Schwin-
gungen, eines Objektes mit einem ein Modulationsinterferometer und einer
Strahlungsquelle für kurzkohärente Strahlung aufweisenden Sendeteil und einer
daran zum Zuführen der Strahlung über einen gemeinsamen Lichtweg ange-
schlossenen Messsondenanordnung und einem mit dem Sendeteil in einer Sen-
de-/Empfangseinheit zusammengefassten Empfangsteil für die Auswertung der
von der Messsondenanordnung zurückkommenden Messstrahlung.

Stand der Technik

Eine derartige interferometrische Messanordnung ist in der DE 198 08 273 A1
angegeben. Bei dieser bekannten interferometrischen Messanordnung werden
die an sich bekannten Verfahren der Heterodyn-Technik und der Zwei-Wellen-
längen-Interferometrie unter Nutzung kurzkohärenter Strahlung miteinander

kombiniert. Wie in dieser Druckschrift näher beschrieben, lässt dieser Aufbau der Messvorrichtung u.a. einen Kohärenzmultiplex zu, indem in einem Modulationsinterferometer, dem vorteilhafterweise die aufwändigeren Komponenten der Messanordnung zugeordnet sind, über die verschiedenen Interferometerarme unterschiedliche Lichtweglängen eingeprägt werden, die größer sind als die Kohärenzlänge des sie durchlaufenden Lichts und die anschließend in einem Messabschnitt mit einer optischen Sondenanordnung und auf die Objektoberfläche ausgerichteten Sondenausgängen wieder ausgeglichen werden. Auf diese Weise werden die nur innerhalb der Kohärenzlänge auftretenden Interferenzerscheinungen erhalten werden und die Messungen an der Objektoberfläche anhand der Phasendifferenzen in der angeschlossenen Auswerteeinrichtung ermöglicht, die in einer Baueinheit zusammen mit dem Modulationsinterferometer angeordnet ist. Auch können die für die Mehr-Wellenlängen-Interferometrie erforderlichen einzelnen Wellenlängen mittels einer Strahlzerlegungs- und Strahlempfangseinheit aus dem (relativ) breitbandigen Strahlungsspektrum leicht geeignet herausgegriffen werden, so dass auch der Eindeutigkeitsbereich der Abstands- und Rauigkeitsmessung oder anderer Oberflächeneigenschaften durch Bilden einer oder mehrerer synthetischer Wellenlängen in an sich bekannter Weise gegenüber den einzelnen Wellenlängen vergrößert werden kann. Auch weitere Vorteile des Aufbaus einer optischen Messvorrichtung mit einem kurzkohärenten Zwei- oder Mehr-Wellenlängen-Heterodyn-Interferometer sind in dieser Druckschrift genannt. Dieser Aufbau ergibt wegen der Trennung in die Sende-/Empfangseinheit mit dem Modulationsinterferometer und dem Empfangsteil bzw. der Auswerteeinrichtung eine bedienerfreundliche, robuste Anordnung, da die aufwändigere Sende-/Empfangseinheit räumlich getrennt ist von der Messsondenanordnung, die einen relativ einfachen Aufbau aufweisen kann und der eine einfache Handhabbarkeit ermöglicht. Zudem liegt ein Vorteil dieser bekannten interferometrischen Messanordnung darin, dass neben der für die Oberflächenmessung vor-

gesehenen Messsonde eine Bezugssonde vorhanden ist, die über eine weitere
5 Lichtleitfaseranordnung mit dem Modulationsinterferometer verbunden ist und mit der die Ausrichtung oder auch Bewegungen eines das Messobjekt aufnehmenden Drehtisches erfasst werden können. Insgesamt handelt es sich bei einer derartigen interferometrischen Messanordnung um eine vom Aufbau und den Kosten her aufwändige Apparatur.

10

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine interferometrische Messanordnung der eingangs genannten Art bereitzustellen, mit der ein verringelter Aufwand erzielbar ist.

15

Vorteile der Erfindung

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst. Hierbei ist vorgesehen, dass die Messsondenanordnung mehrere Messsonden aufweist, die über jeweilige optische Lichtwege an den gemeinsamen Lichtweg angekoppelt sind, und dass an einer Koppelstelle zwischen dem gemeinsamen Lichtweg und den jeweiligen Lichtwegen zu den Messsonden eine Schaltvorrichtung angeordnet ist, über die die verschiedenen Messsonden individuell mit der Sende-/Empfangseinheit in bidirektionale Übertragungsverbindung für die von dem Modulationsinterferometer zugeführte Strahlung einerseits und die Messstrahlung andererseits bringbar sind.

20

Mit diesen Maßnahmen wird eine Mehrfachnutzung der relativ aufwändig aufgebauten Sende-/Empfangseinheit erreicht, die auch eine stabile, zentrale Unterbringung und Wartung mit den erforderlichen Einstellarbeiten ermöglicht, während die Messsonden z.B. in verschiedenen Messstationen eines Fertigungsprozesses an geeigneten Stellen positioniert werden können.

25

5 Eine für die Handhabung und zuverlässige Messergebnisse günstige Ausgestaltung wird dadurch erzielt, dass der gemeinsame Lichtweg und/oder die jeweiligen Lichtwege monomode Lichtleitfasern umfassen.

10 Verschiedene vorteilhafte Ausbildungen bestehen darin, dass die Schaltvorrichtung manuell oder automatisch umschaltbare Verstellelemente aufweist. Unterschiedliche Ausführungen werden dadurch erhalten, dass zum Umschalten elektrisch, pneumatisch, hydraulisch oder magnetisch betriebene Betätigungsgeräte vorhanden sind.

15 Für eine Automatisierung sind weiterhin die Maßnahmen vorteilhaft, dass die Schaltvorrichtung über eine Steuereinrichtung angesteuert ist, an die zur Zuordnung der Ergebnisse zu den jeweiligen Messsonden und gegebenenfalls gesonderte Auswertungen auch die Sende-/Empfangseinheit angeschlossen ist. Die Steuereinrichtung kann z.B. der Empfangseinheit zugeordnet sein. Mit diesen Maßnahmen lassen sich z.B. die Messungen in einem Fertigungsprozess automatisch synchronisieren bzw. aufeinander abstimmen und in eine Fertigungssteuerung integrieren.

20 25 30 Verschiedene Anordnungsmöglichkeiten bestehen ferner darin, dass die Messsonden individuell einer zu vermessenden Oberfläche zugeordnet oder zuordnbar sind, einzelne Messkanäle einer Sondeneinheit bilden, zu Gruppen in einer oder mehreren Messstationen angeordnet sind, in einem übergeordneten Messgeräteverbund angeordnet sind oder in einer Kombination derartiger Anordnungen eingebracht sind. Auch können die Messsonden leicht umpositioniert oder gegen andere ausgetauscht werden, wobei einheitliche Adaptereinheiten für die Messköpfe der Sonden vorgesehen sein können. In der Steuereinrichtung kön-

nen diese dann gesondert ausgewertet werden, wobei auch eine automatische
5 Kennung der verwendeten Messköpfe vorgesehen sein kann.

Zeichnung

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezug-
10 nahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer interferometrischen Messan-
ordnung mit einer Sende-/Empfangseinheit und mehreren ange-
schlossenen Messstationen in Blockdarstellung und

15 Fig. 2 eine nähere Ausgestaltungsmöglichkeit der Messanordnung nach
Fig. 1 in Blockdarstellung.

Ausführungsbeispiel

Eine in Fig. 1 dargestellte interferometrische Messanordnung zum Messen von
Oberflächeneigenschaften eines Objektes, wie z.B. Rauigkeit, Rundheit oder
20 auch Schwingungen weist eine Sende-/Empfangseinheit 10 und mehrere daran
angeschlossene Messstationen 31, 32, 33, 34 einer Messanordnung 30 auf, die
über einen gemeinsamen Lichtweg 40, eine daran angeschlossene Schaltvorrich-
tung 20 und jeweilige zu den Messstationen 31, 32, 33, 34 führende Lichtwege
42 an die Sende- und Empfangseinheit 10 optisch angeschlossen sind. Außer-
dem stehen die Sende-/Empfangseinheit 10 und die Messstationen 31, 32, 33,
34 über jeweilige elektrische Verbindungen miteinander in Verbindung. Der
30 gemeinsame Lichtweg 40 sowie die zu den Messstationen 31, 32, 33, 34 füh-

renden jeweiligen Lichtwege 42 sind vorteilhaft mittels insbesondere monomoder
5 Lichtleitfasern 41 bzw. 42 ausgebildet.

Wie Fig. 2 zeigt, sind in der Sende-/Empfangseinheit 10 sowohl Komponenten
des Sendeteils, nämlich eine Strahlungserzeugungseinheit bzw. Strahlungsquelle
11 für kurzkohärente breitbandige Strahlung, und ein ihr nachgeordnetes Modu-
10 lations-Interferometer 12 sowie Komponenten eines Empfangsteils 15, wie pho-
toelektrische Empfängerelemente und eine deren Signale aufnehmende und wei-
terverarbeitende Auswerteeinrichtung angeordnet. In den Armen des Modula-
tions-Interferometers 12 wird eine Lichtwegdifferenz erzeugt, die größer ist als
die Kohärenzlänge der Strahlung. Diese optische Wegdifferenz wird in den Mess-
15 stationen 31, 32, 33, 34, und zwar in den darin angeordneten Messsonden
32.1, 32.4 aufgehoben, so dass nachfolgend entsprechend den Abständen der
erfassten Oberflächenstellen Interferenzen auftreten, wie in der eingangs ge-
nannten Druckschrift DE 198 08 273 A1 näher erläutert. Die sich aus den Inter-
ferenzen ergebenden Informationen werden in dem Empfangsteil 15 ausgewer-
20 tet, wobei aus der breitbandigen Strahlung z.B. zwei verschiedene Wellenlängen
zum Bilden einer synthetischen Wellenlänge herausgegriffen werden können, wie
in der genannten Druckschrift ebenfalls näher erläutert. In den Messsonden der
Messstationen 31, 32, 33, 34 sind in an sich bekannter Weise jeweilige Inter-
ferometerteile 31.1, 32.2, 32.5 mit einem Referenzarm und einem Messarm so-
25 wie auf die zu vermessende Oberfläche gerichtete Messabschnitte 31.2, 32.3,
32.6 angeordnet, die entsprechend den zu erfassenden Oberflächenkonturen,
wie z.B. in einer engen Bohrung, ausgebildet sind. Die gemessenen Oberflächen-
eigenschaften werden vorteilhaft z.B. heterodyn-interferometrisch ausgewertet,
wobei die Information in der Phasenverschiebung der erfassten Strahlung ent-
halten ist.

Mehrere Messsonden 32.1, 32.4 können in einer Messstation 32 untergebracht sein oder aber einzeln in einer komplexen Messanordnung an geeigneter Stelle positioniert sein, wie z.B. im Zusammenhang mit der ersten Messstation 31. Auch können mehrere Messkanäle einer Sonde, mit der z.B. unterschiedliche Abstände einer Oberfläche erfasst werden können, über die jeweiligen Lichtwege bzw. Lichtleitfasern 42 an die Schaltvorrichtung 20 angeschlossen sein.

Die Schaltvorrichtung kann im einfachsten Falle manuell zu betätigende oder automatisch umschaltbare Verstellelemente, wie z.B. verschiebbare oder drehbare Spiegel oder andere geeignete optische Koppelemente, aufweisen. Die Umschaltung kann dabei z.B. elektrisch, pneumatisch, hydraulisch oder magnetisch mittels entsprechend ansteuerbarer Betätigungsselemente vorgenommen werden. Die Steuerung erfolgt bei der automatischen Umschaltung vorteilhaft mittels einer Steuereinrichtung 25, die auch mit dem Empfangsteil 15 kombiniert sein kann und z.B. auch in der Sende-/Empfangseinheit 10 untergebracht ist. Die Auswertung kann dabei in Abstimmung auf die mittels der Schaltvorrichtung 20 gewählten Messsonde vorgenommen werden, wobei die Signale der verschiedenen Messsonden auch unterschiedlich ausgewertet werden können, z.B. durch jeweils zugeordnete Unterprogramme. Ferner kann die Steuereinrichtung 25 und/oder die Auswerteeinrichtung des Empfangsteils 15 in eine übergeordnete Fertigungssteuerung eingebunden sein, um während eines Fertigungsvorganges bestimmte Fertigungsschritte zu überprüfen. Hierbei erfolgt eine Koordination bzw. Synchronisation der Auswertung der Messergebnisse mit dem Fertigungsprozess über die Fertigungssteuerung.

Die einzelnen Messsonden, beispielsweise 32.1, 32.4 oder die in den weiteren Messstationen 31, 33 bzw. 34 enthaltenen Messsonden können z.B. mit austauschbaren Köpfen versehen sein, die an jeweilige Messaufgaben angepasst

sind und auch einen einfachen Austausch bei Ausfall eines Messabschnittes zu-
lassen. Zum einfachen Austausch können geeignete Adapter vorgesehen wer-
den. Ferner ist es möglich, die Steuereinrichtung 25 oder die Auswerteeinrich-
tung des Empfangsteils 15 z.B. im Zusammenhang mit den elektrischen Verbin-
dungen 50 sowie den Messsonden der Messstationen 31, 32, 33, 34 so auszu-
bilden, dass eine automatische Zuordnung und Erkennung der Messsignale bei
der Auswertung erfolgt.

Die Verstellelemente der Schaltvorrichtung 20 zum Herstellen der optischen
Verbindung zwischen dem gemeinsamen Lichtweg 40 und den jeweiligen Licht-
wegen 42 kann außer mittels diskreter optischer Elemente, wie z.B. Spiegel oder
Prismen oder dgl., alternativ auch mittels integrierter optischer Elemente
erfolgen, die keine mechanische Verstellung, sondern lediglich eine z.B. elekt-
rische Ansteuerung erfordern.

Mit den erfindungsgemäßen Maßnahmen kann die Sende-/Empfangseinheit 10
gemeinsam für eine Vielzahl von Messsonden bzw. Messstationen 31, 32, 33,
34 verwendet und entfernt von diesen aufgestellt werden. Die Sende-/Emp-
fangseinheit 10 kann an zentraler Stelle eingestellt bzw. justiert und gesteuert
oder überwacht werden, wobei über entsprechende Datenleitungen auch ent-
fernte Überwachungs- und Steuerungsmöglichkeiten geboten sind. Die relativ
einfachen, kostengünstig aufbaubaren Messsonden können entsprechend ein-
fach der jeweiligen Funktion angepasst werden.

02. Jan. 2004 - fle/poe

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

Ansprüche

1. Interferometrische Messanordnung zum Messen von z.B. Formabweichungen, Lage, Oberflächeneigenschaften, Schwingungen eines Objektes mit einem ein Modulationsinterferometer (12) und eine Strahlungsquelle (11) für kurzkohärente Strahlung aufweisenden Sendeteil und einer daran zum Zuführen der Strahlung über einen gemeinsamen Lichtweg (41) geschlossenen Messsondenanordnung (30) und einem mit dem Sendeteil in einer Sende-/Empfangseinheit (10) zusammengefassten Empfangsteil (15) für die Auswertung der von der Messsondenanordnung zurückkommen-
5 den Messstrahlung,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Messsondenanordnung (30) mehrere Messsonden (32.1, 32.4) aufweist, die über jeweilige optische Lichtwege (42) an den gemeinsamen Lichtweg (41) angekoppelt sind, und
10 dass an einer Koppelstelle zwischen dem gemeinsamen Lichtweg (41) und den jeweiligen Lichtwegen (24) zu den Messsonden (32.1, 32.4) eine Schaltvorrichtung (20) angeordnet ist, über die die verschiedenen Mess-
15 sonden (32.1, 32.4) individuell mit der Sende-/Empfangseinheit (10) in bidirektionale Übertragungsverbindung für die von dem Modulationsinter-

ferometer (12) zugeführte Strahlung einerseits und die Messstrahlung andererseits bringbar sind.

2. Anordnung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der gemeinsame Lichtweg (41) und/oder die jeweiligen Lichtwege (42) monomode Lichtleitfasern umfassen.
3. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schaltvorrichtung (20) manuell oder automatisch umschaltbare
Verstellelemente aufweist.
4. Anordnung nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass zum Umschalten elektrisch, pneumatisch, hydraulisch oder magnetisch betriebene Betätigungsselemente vorhanden sind.
5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schaltvorrichtung (20) über eine Steuereinrichtung (25) ange-
steuert ist, an die zur Zuordnung der Ergebnisse zu den jeweiligen
Messsonden (32.1, 32.4) und gegebenenfalls gesonderte Auswertungen
auch die Sende-/Empfangseinheit (10) angeschlossen ist.
6. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

5

dass die Messsonden (32.1, 32.4) individuell einer zu vermessenden Oberfläche zugeordnet oder zuordenbar sind, einzelne Messkanäle einer Sondeneinheit bilden, zu Gruppen in einer oder mehreren Messstationen (31, 32, 33, 34 ...) angeordnet sind, in einem übergeordneten Messgeräteverbund angeordnet sind oder in einer Kombination derartiger Anordnungen eingebracht sind.

10

- 
7. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass sie in ein Steuerungskonzept eines Fertigungs- und/oder Prüfprozesses eingebunden ist.

15



02. Jan. 2004 - fle/poe

5

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10

15

Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf eine interferometrische Messanordnung zum Messen von z.B. Formabweichungen, Lage, Oberflächeneigenschaften, Schwingungen eines Objektes mit einem ein Modulationsinterferometer (12) und einer Strahlungsquelle (11) für kurzkohärente Strahlung aufweisenden Sendeteil und einer daran zum Zuführen der Strahlung über einen gemeinsamen Lichtweg (41) angeschlossenen Messsondenanordnung (30) und einem mit dem Sendeteil in einer Sende-/Empfangseinheit (10) zusammengefassten Empfangsteil (15) für die Auswertung der von der Messsondenanordnung zurückkommenden Messstrahlung. Ein verringelter Aufwand mit verbesserten Einsatzmöglichkeiten wird dadurch erreicht, dass die Messsondenanordnung (30) mehrere Messsonden (32.1, 32.4) aufweist, die über jeweilige optische Lichtwege (42) an den gemeinsamen Lichtweg (41) angekoppelt sind, und dass an einer Koppelstelle zwischen dem gemeinsamen Lichtweg (41) und den jeweiligen Lichtwegen (24) zu den Messsonden (32.1, 32.4) eine Schaltvorrichtung (20) angeordnet ist, über die die verschiedenen Messsonden (32.1, 32.4) individuell mit der Sende-/Empfangseinheit (10) in bidirektionale Übertragungsverbindung für die von dem Modulationsinterferometer (12) zugeführte Strahlung einerseits und die Messstrahlung andererseits bringbar sind (Fig. 1).

35

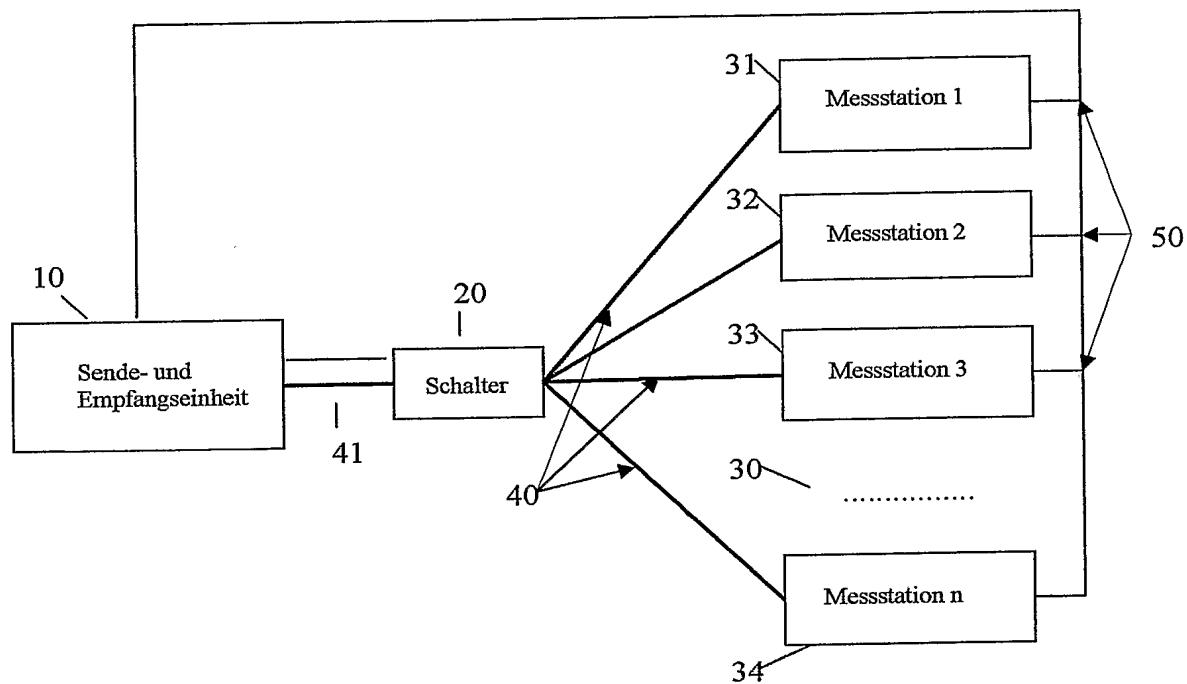


Fig. 1

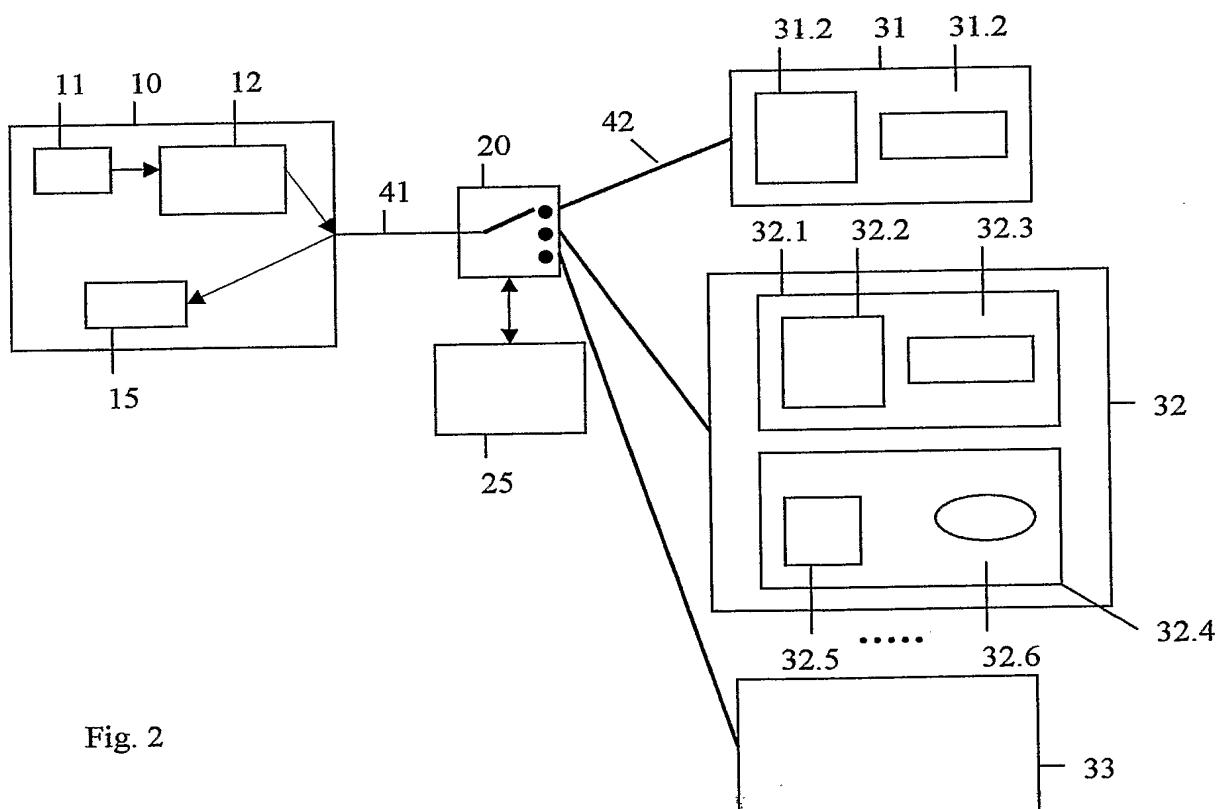


Fig. 2